FICHE DE COURS THEORIQUE

TITRE : ordinateurs (niv 3)

A qui s'adresse ce cours : Niveaux 3

Justification du cours : Presque tous les plongeurs utilisent un ordinateur ; Les niveaux 3 peuvent plonger entre eux en autonomie : pour plonger en toute sécurité, il faut savoir analyser les informations qu'il donne et comment réagir en cas de problème. Ils devront connaître les principales fonctions de ces appareils et l'interprétation des alarmes. Ils devront être capables de les utiliser en fonction de leur degré d'automatisation (Voir chapitre v). Ils devront savoir les utiliser en plongée avec décompression, savoir interpréter leurs indications dans les cas particuliers et savoir planifier les plongées successives. Ils doivent être capables de prendre les mesures qui s'imposent lorsqu'un instrument passe en alarme permanente.

Prérequis : variations de pressions, composition de l'air, loi de Dalton, loi de Henry

Physiologie et facteurs influençant l'absorption ou la dissolution des gaz.
Notions de compartiment, période, saturation et désaturation, coefficient de saturation

Objectifs : Connaître les principes de fonctionnement, les règles d'utilisation, savoir interpréter les indications de son ordinateur et que faire en cas de problème.

Plan de cours :

1. Rappels – Prérequis
   1.1. Définitions
   1.2. Modèle de Haldane
2. Le premier ordinateur : la plongée multi-niveaux.
3.
4. Fonctionnement d'un ordinateur de plongée
   4.1. Apport de l'ordinateur
   4.2. Règles d'utilisation
   4.3. Informations nécessaires aux calculs de la décompression
   4.4. Fonctions apportées par les ordinateurs
5. Avantages et inconvénients des ordinateurs
   4.1 Avantages
   4.2. Inconvénients
6. Utilisation d'un ordinateur
   5.1. En surface avant de plonger
   5.2. En mode surface
   5.3. En plongée
   5.4 En surface après la plongée
7. Procédure à suivre en cas de panne

Conclusion :

Cours suivant :

1. Rappels –

Prérequis

Composition de l'air	20% O2 (consommé) 80% N2 (non consommé)
Dalton	PP = Pabs * X%
Tension	C'est la "pression" d'un gaz dissous dans un liquide
Henry	***A température donnée et à saturation, la quantité de gaz dissoute dans un liquide est proportionnelle à la pression du gaz au-dessus du liquide :*** Tf = PP

Modéliser le corps humain : Modèle de Haldane

Le corps humain est divisé en «**compartiments**». Un compartiment peut être vu comme un ensemble de tissus qui se comportent de la même façon vis-à-vis de l'absorption et la restitution de l'azote.
Suivant les modèles, le nombre de compartiments varie. Le modèle des MN90 se construit sur 12 compartiments, le modèle de l'US Navy en utilise 6, les modèles de Bühlmann 8, 12 ou 16.
Il est possible de calculer la tension en azote pour chaque compartiment, pour une exposition d'une durée t, et à une profondeur donnée.

2. Le premier ordinateur : la plongée multi-niveaux.

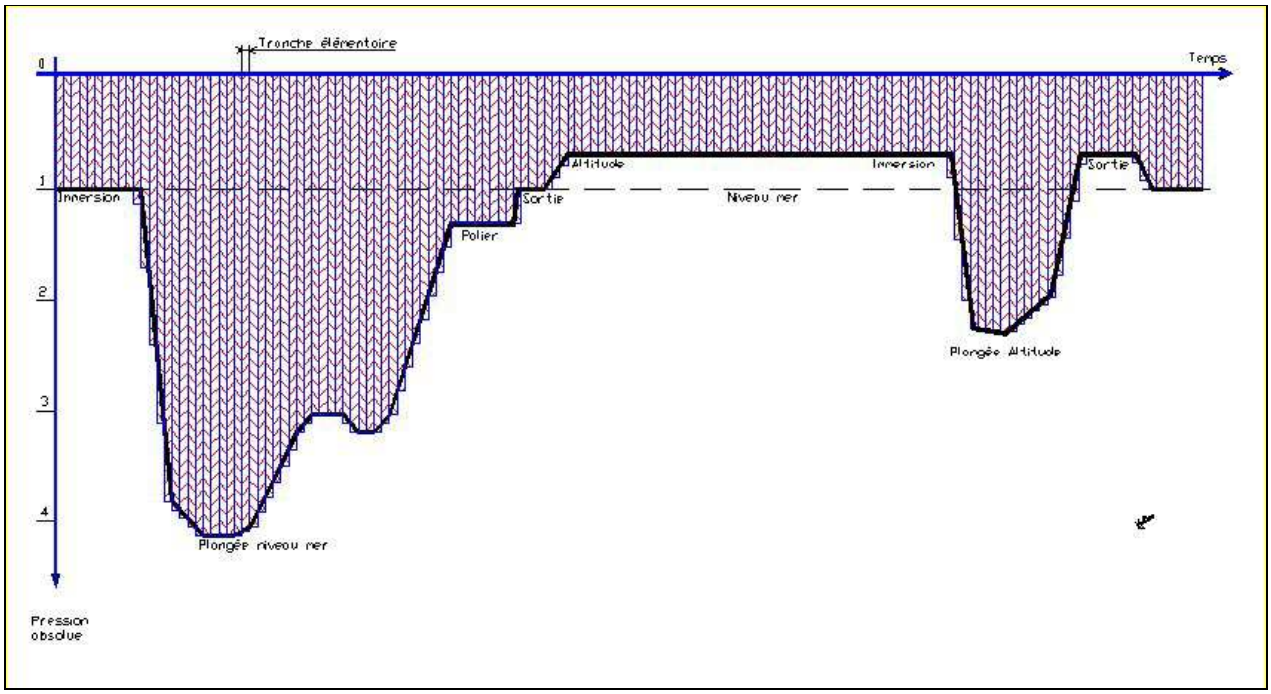
Avec des tables, il est tout à fait possible de simuler le travail d'un ordinateur, en faisant une plonger multi-niveaux. Un profil multi-niveaux est un profil de plongée où la profondeur maximum est atteinte en début de plongée et où le reste de la plongée se déroule en remontant successivement de niveaux en niveaux.

Pour calculer un tel profil à l'aide des tables MN90, il suffit de suivre la procédure suivante.
On calcule le temps que l'on peut rester à la profondeur maximum sans palier et on trouve le coefficient d'azote résiduel pour ce temps. On remonte ensuite et on cherche, à la nouvelle profondeur, le temps qui correspond à ce coefficient d'azote. En fait, nos paramètres de plongée sont maintenant ce nouveau temps et cette nouvelle profondeur. On reste à cette profondeur pendant le temps qui reste sans palier et on note le nouveau coefficient d'azote résiduel. On remonte ensuite à une autre profondeur, et on trouve le temps à l'aide du coefficient. On procède ainsi jusqu'en surface.
Par exemple,
- On descend à 30 mètres pendant 10 minutes, on obtient un coefficient D.
- On remonte à 25 mètres. Pour D, on trouve le temps de 15'. On peut rester encore 5' à 25 mètres sans faire de palier et on sort avec le coefficient E.
- On remonte à 20 mètres, on trouve pour E 25'. On peut rester encore 15' à 20 mètres sans palier et sortir avec un coefficient H.

- On remonte à 15 mètres, ce qui nous donne 1h pour H. On peut y rester 10’ avant d’atteindre le coefficient I.
- On remonte à 12 mètres. Pour I, on trouve 1h30. On peut rester 30’ avant de remonter.

Le temps total est ici de 70 minutes, sans palier, pour une plongée à 30 mètres.
Attention, cette technique de décompression ne marche que pour des plongées où la profondeur maximum est atteinte en début de plongée et ensuite le plongeur ne fait que remonter.
Les ordinateurs, bien que plus sophistiqués, sont basés sur des principes similaires. Ils tiennent compte à chaque étape de la plongée de l’étape précédente. Cependant, leur capacité de calcul est telle qu’ils calculent presque en « continu ». En fait, selon les modèles, ils effectuent un nouveau calcul en moyenne toutes les secondes.
L’idée qu’il faut retenir ici, est celle de profil «montant». La validité du calcul de décompression n’est garantie que pour de tels profils. C’est pourquoi, les profils inversés (redescendre plus profond en fin de plongée) ou les profils «yoyo» sont à proscrire.

3. Fonctionnement d’un ordinateur de plongée



Le rôle principal d’un ordinateur de plongée est de calculer en temps réels l’état de saturation en azote du plongeur. Ou plutôt, de simuler ce plongeur à l’aide du modèle sur lequel il est construit. Le temps est divisé en courts intervalles (≈ 1 seconde) et pour chacun de ses intervalles, l’ordinateur mesure la pression ambiante. Il en déduit la variation de tension en azote ($\Delta Tn2$) dans tous les compartiments. Pour connaître la tension de chaque compartiment, l’ordinateur fait la somme de toutes les variations de tension enregistrées depuis le début de la plongée.

Apport de l'ordinateur

L'ordinateur de plongée permet de calculer la décompression en fonction des facteurs extérieurs (selon les modèles). Par exemple :

- Température de l'eau,
- Essoufflement du plongeur (pour les ordinateurs à gestion d'air) ,
- Autonomie d'air (consommation),
- Altitude (cas de la plongée en altitude),

• Densité du milieu (eau douce ou eau de mer).

Il peut aussi permettre de :
• Mesurer la vitesse de remontée et d'alerter le plongeur en cas de remontée trop rapide
• Indiquer le temps de plongée restant avant d'avoir besoin d'effectuer des paliers de décompression
• Indiquer la profondeur des paliers
• Indiquer le dépassement de la profondeur du palier
• Alerter sur l'usage de procédures de remontées non conformes au modèle de décompression prévu par l'ordinateur

Règles d'utilisation

Le cadre général d'utilisation d'un ordinateur est quand la profondeur maximale de la plongée est atteinte au tout début de celle-ci et que la suite corresponde soit à une évolution montante à partir de cette profondeur maximale (profil montant, ou normal). La validité d'un calcul de décompression est garantie que pour ces profils d'évolution.

Pour les autres profils ce calcul n'est pas garanti :
• Profil inversé,
• Lors de plongées successives, la première plongée doit être plus profonde que la deuxième,
• Les profils de style YoYo (montées et descentes successives dans une même plongée).

Informations nécessaires aux calculs de la décompression

L'altitude
Dans les modèles ou l'altitude est programmable elle peut être choisie manuellement, ou bien ajusté automatiquement.
• Sur le Vyper de Suunto ou le stinger 3 altitudes sont sélectionnables :
A0 0-300m A1 300-1500m A2 1500 –3000m,
• Sur le Mares M1 4 altitudes sont sélectionnables :
0-700, 700-1500, 1500-2400, 2400-3700.

La pression
Les mesures s'effectuent toutes les secondes et sont majorées lors de la descente, et minorée pendant la remontée pour satisfaire le principe de sécurité dans la plongée.

Le temps de plongée

Il est calculé grâce à un chronomètre qui va calculer la durée effective de la plongée. Ce chronomètre sera déclenché dès que le plongeur aura atteint une pression suffisante (qui correspond à une profondeur d'environ 1 m) et son arrêt sera provoqué dès que la profondeur sera insuffisante (profondeur de moins de 1 m).
En fonction de la salinité de l'eau, ces profondeurs peuvent varier (variation entre l'eau douce et l'eau de mer).

Les fonctions apportées par les ordinateurs :

Le temps avant palier (No Decompression time)
Il prévient le plongeur du temps restant avant un prochain palier. Ce temps varie en fonction de la profondeur d'évolution. En effet si le plongeur remonte ce temps va augmenter car la pression va diminuer et les tissus vont se désaturer, par contre s'il redescend ce temps diminuera. Cette donnée permet de continuer une plongée en restant dans un profil sans palier. Il suffit de remonter régulièrement chaque fois que le temps avant palier se rapproche de 0. C'est un profil multi-niveaux continu, le type même de plongée pour lequel le modèle de décompression est conçu.

Les paliers et les temps de palier
Lorsque le temps avant palier arrive à zéro un palier est affiché avec une profondeur et un temps. Le plongeur n'est pas obligé de remonter immédiatement avec la vitesse réglementaire pour faire le palier indiqué avec le temps indiqué. Rien n'empêche le plongeur de continuer sa plongée en remontant sensiblement de manière à éliminer progressivement l'azote des tissus. Dans certains cas cette remontée peut faire disparaître le palier avant de l'avoir atteint ; dans d'autre cas, la saturation des tissus sera telle qu'elle imposera quand même un palier. Il faut néanmoins vérifier que l'autonomie en air puisse assurer ce type de remontée et/ou les paliers.

La vitesse de remontée
Les ordinateurs permettent de calculer la vitesse de remontée des plongeurs en leur imposant des limites à ne pas excéder, garantie de leur sécurité. Le principe initial reprend celui des tables de plongée où les vitesses de remontées sont de 15m/min jusqu'aux paliers et de 6m/min inter-palier. Avec les ordinateurs la vitesse est calculée régulièrement, toutes les secondes, par une mesure de pression. Ces valeurs sont également filtrées de manière à ne intégrer aux calculs des valeurs parasites comme le déplacement d'un bras lors de la plongée. La plupart fournissent des informations et alarmes (visuelles et/ou sonores) pour informer le plongeur de cette vitesse. Les vitesses sont, selon les marques et les modèles, fixes ou variables.
Les vitesses fixent sont de l'ordre de 10 à 12 mètres par minute et les vitesses variables de 20 à 6 mètres par minutes selon la profondeur. Pour l'exemple l'Aladin (Uwatec) est étalonné comme suit :

Profondeur	<6	<12	<18	<23	<27	<31	<35	<39	<44	<50	>50
Vitesse (m/mn)	7	8	9	10	11	13	15	17	18	19	20

Le temps avant envol

C’est le temps qu’il est nécessaire d’attendre avant de prendre un avion, et qui permettra d’atteindre une désaturation suffisante dans les compartiments pour que cela ne pose pas de problème à une pression de 0,8 bar (pression de pressurisation dans les avions de ligne).
D’autres ordinateurs se contentent de décompter un temps de 24h à partir de l’heure de sortie de la dernière plongée.

Les alarmes
En majorité, les ordinateurs possèdent deux types d’alarme :
• Les alarmes d’avertissement
• Les alarmes définitives

Les premières préviennent le plongeur que son action de plongée est entrain de la conduire hors des limites du cadre d’utilisation de l’ordinateur (remontée rapide, palier violé, déclenchement d’un palier etc…). Si le plongeur corrige sa procédure l’ordinateur va revenir à un mode de fonctionnement normale.
Dans les deuxièmes types, l’ordinateur se met en mode alarme définitive ce qui peut provoquer selon les modèles :
• Un blocage définitif (un peu stupide !!!)
• Il Continue à enregistrer les paramètres en donnant une décompression possible mais en indiquant qu’une alarme est survenue. (il ne faut pas tenir compte des données fournies par la machine).

Une fois remontée en surface la machine reste non utilisable comme ordinateur pendant 24 à 72 heures selon les modèles. Son utilisation est possible en timer/profondimètre.
(voir procédure le paragraphe procédure à suivre en cas de panne)

4. Avantages et inconvénients

Avantages

• Ils autorisent des temps de plongée plus longs pour des profils de plongée équivalents.
• Leur utilisation est facile (simple lecture sur le cadran) et ils réduisent quasiment à zéro les risques d'erreur de calcul dans les tables.
• Ils obligent des vitesses de remontée plus lente que la plupart des tables, et c'est, à en croire les spécialistes, plutôt une bonne chose (les vitesses de remontée dépassant les 15 mètres minutes sont aujourd'hui très déconseillées). De plus, leurs indications visuelles et/ou auditives aident le plongeur à respecter ces vitesses.
• Les mesures de temps et de profondeur sont très précises, beaucoup plus qu'avec les appareils mécaniques que l'on trouve encore sur le marché.
• Ils utilisent souvent, mais pas tous, un grand nombre de compartiments ce qui leur permet de mieux se rapprocher du modèle de notre organisme.
• Quelques uns d'entre eux utilisent des compartiments très longs, jusqu'à 640 minutes ce qui leur permet de mieux prendre en compte les plongées sur de longues périodes.
• Ils enregistrent le profil de plongée dans leur mémoire. D'une part, il est possible, une fois rentré chez vous, de le transférez sur votre PC, mais surtout, en cas d'accident, les médecins peuvent avoir l'historique précis de votre plongée.

• Les calculs qu'ils font pendant les intervalles de surface sont beaucoup plus complets (ils calculent sur tous les tissus) que les modèles des tables (un seul tissu).

Inconvénients

• Ils laissent penser aux plongeurs qu'ils peuvent tout calculer avec des profils parfois très peu académiques
• Leur facilité d'utilisation, rendent les plongeurs paresseux de toutes planifications des plongées.
• En cas d'utilisation d'ordinateurs différents dans une palanquée, les plongeurs doivent se référer à la machine la plus pénalisante.
• Ils n'imposent pas ou ne suggèrent pas de procédures de rattrapage lorsque celles qu'ils préconisent n'ont pas été suivies.(ex : remontée rapide) A chaque fois qu'une alarme a eu lieu, ils devraient proposer ou imposer systématiquement une mesure de sauvegarde.
• En cas de remontée avec des machines indiquant des vitesses différentes, les plongeurs peuvent des disperser en se focalisant trop sur leur appareils.
• La possession d'un ordinateur ne dispense aucunement d'emporter des tables immergeables.
• Il faut connaître parfaitement l'utilisation de sa machine, en prenant soin de lire très attentivement son manuel d'utilisation

- Avec un ordinateur de plongée, *le plongeur se tient à la limite de la marge de sécurité choisie par le fabricant et non pas à la limite de la sécurité elle-même*.

5. Utilisation d'un ordinateur

En surface avant de plongée

• Toujours mettre son ordinateur sous tension avant de plonger : cela permet de connaître l'état de la batterie (bar graphe, pourcentage etc…)
• De se rendre compte d'un dysfonctionnement avant d'être dans l'eau !!!

En mode surface

• Planification des plongées (mode simulation, plan etc…)
• Activation des alarmes (profondeur Max, temps de plongée etc…)
• Réglage de l'altitude (si cette action est mécanique…)
• Entrées de paramètres (pas tous les ordinateurs…)

En plongée

La majorité des ordinateurs ne sont plus manipulables dès qu'ils sont passés en mode plongée (au delà de 1 m).
Le temps et la profondeur sont mémorisés et la décompression est calculée.

En surface après la plongée

Les ordinateurs repassent en mode surface au terme de quelques minutes. Il est possible alors de visualiser :
• le profil de plongée (logbook)
• L'attente avant de prendre l'avion (no fly)

6. Procédure à suivre en cas de panne

Une première règle en cas de panne d'un ordinateur (si on a que ce moyen de décompression), est de mettre fin à la plongée.
Pour une plongée simple, si le plongeur a en mémoire la profondeur et le temps de la dernière lecture sur l'appareil, il suffit de remonter à la vitesse des petites bulles, et de calculer la décompression aux tables.
Pour une plongée successive, remonter lentement jusqu'à 6m et y rester 3'. Si vous vous souvenez des indications de palier de votre ordinateur avant qu'il ne tombe en panne faites les paliers et majorez de 5 min. Si cela est impossible, recalculer avec les tables les paliers en intégrant la majoration dû à votre 1ière plongée etc…
Ne plus plonger pendant 24 heures.